

# 내부구조재의 설계 변수에 의한 박판 성형 공정 연구

김형중\*, 최두선\*, 제태진\*, 정동원\*\*

## A Study on the Sheet Metal Forming Process to Design Parameter of Inner Structured

H. J. Kim, D. S. Choi, T. J. Jae, D. W. Jung

### Abstract

Sandwich structures, which are composed of a thick core between two thin faces, are commonly used in many engineering applications because they combine high stiffness and strength with low weight. In this paper, through the FLD analysis according to the pattern changes, we have confirmed the deformed shape and formability distribution. Also, we have fabricated the dimple press mold according to the pattern changes, and obtained the dimple inner structure the forming experiments.

**Key Words :** Sheet Metal Forming, Inner Structure, Dimple Mold, FEM Analysis

### 1. 서론

최근 제품의 경량화에 대한 요구 및 고기능성 제품의 필요성에 따라 다양한 형태의 초경량 고강도 박판의 내부구조재 개발이 절실히 요구되고 있다.[1]

기존에 많은 연구가 되고 있는 피라미드 구조의 경우 용접이 어렵고 마름모꼴 격자모양으로 인한 이방성 문제가 발생한다. 또한 직조금속망의 경우 와이어끼리 접합이 되지 않아 쉽게 변형하고 수작업으로 비교적 제작단가가 높고 대량생산이 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 강도 및 강성이 높고 대량생산이 가능한 판재 형태의 딴플 구조에 대한 연구를 수행하였다.[4]

딴플 형상은 박판을 프레스 등으로 요철을 줌으로써 패턴을 성형한다. 성형된 패턴에 따라 다양한 기계적 특성을 가지며 단위면적이 증가함으로 열적특성도 개선된다.

본 연구에서는 딴플 형상에 대한 크기 변화에

따른 내부구조재의 형상 설계를 하여 각각의 패턴에 대한 성형해석을 통해 성형 완료 후의 FLD 해석 및 단면두께 변화에 대한 성형해석을 수행하였다. 또한 딴플 형상에 프레스 금형을 설계하였고 프리하든강을 이용하여 반경 변화에 따른 금형을 제작하였다. STS304 0.2t 소재를 이용하여 각각의 금형에 대한 성형실험을 수행하여 박판 딴플 내부구조재를 제작하였다.

### 2. 내부구조재 해석

#### 2.1 해석모델 설계

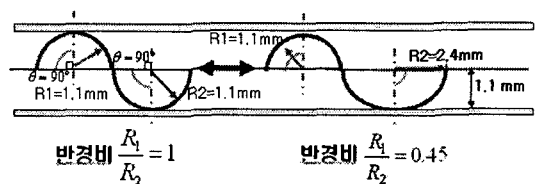


Fig. 1 Comparison of pattern shape

\* 한국기계연구원  
\*\* 제주대학교 기계공학과

반구 형상 변화에 대한 딥플금형의 성형해석을 위하여 우선 딥플 형상과 엠보싱 형상의 반경 크기가 동일한 경우와 딥플 형상과 엠보싱 형상의 반경비가 0.45 인 경우에 대해 Fig. 1 에 비교하여 나타내었다.

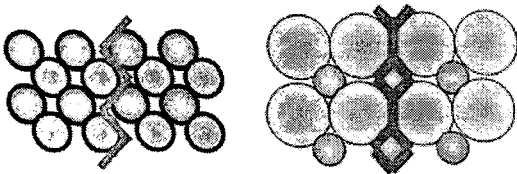


Fig. 2 Comparison of plastic hinge line

Fig. 2 는 plastic hinge line 발생 형태를 비교하여 보았다. 동일 반경비를 갖는 경우에 비해 반경비 0.45 인 경우에는 plastic hinge line 발생이 억제되어 굽힘하중에 대한 강도가 개선될 것으로 보인다.

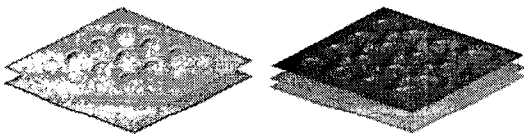


Fig. 3 Analysis models

형상 변화에 따라 설계된 해석모델을 Fig. 3 에 나타내었다. 블랭크의 재료는 자동차, 항공 및 방위산업 분야에서 많이 사용되는 STS304 소재를 사용하였으며 소재에 대한 기계적 성질을 Table 1 에 나타내었다.

Table 1 Mechanical properties of STS304

Mass Density(g/cc)	7.9
Tensile Strength(MPa)	520
Young's Modulus(GPa)	210
Poisson Ratio	0.3

## 2.2 해석방법

박판금속성형 해석에 유용한 Dynaform 을 사용하여 해석을 수행하였고 성형 해석 시 다이와 펀치는 강체로 가정하였으며 다이는 고정시키고 펀치의 z 축 방향으로의 상하이동을 통해 성형해석

을 수행하였다. Table 2 에는 사용된 해석조건에 대하여 나타내었다.

Table 2 Analysis conditions

Stroke Distance(mm)	2.8
Punch velocity(mm/sec)	50
Blank thickness(mm)	0.2
Curve shape	Trapezoidal

## 2.3 성형해석

### 2.3.1 성형한계(FLD)해석

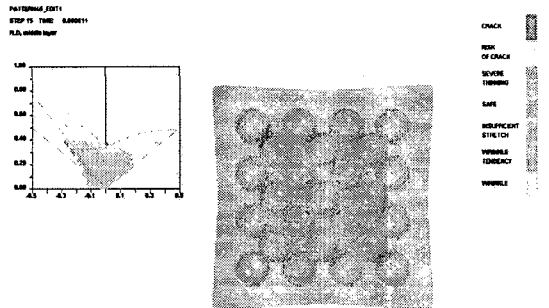


Fig. 4 FLD of same pattern shape

Fig. 4 는 엠보싱 형상과 딥플 형상 이 동일 반경을 갖는 경우에 펀치속도 50mm/sec 를 주었을 때의 내부구조체의 성형 완료후의 변형된 형상들을 시뮬레이션으로 나타내었다. 블랭크의 외곽부분에 주름이 발생하고 오목하게 휘는 현상이 발생했다. 형상 주위에서 균열이 발생하였다.

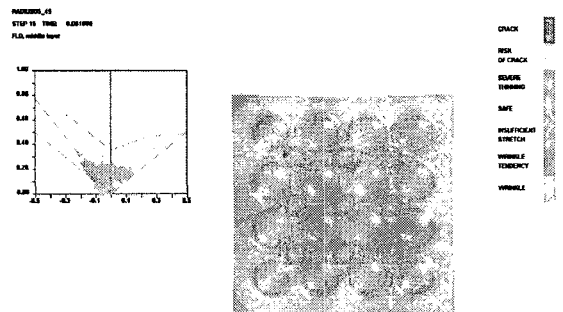


Fig. 5 FLD of different pattern shape

Fig. 5 는 반경비가 0.45 인 경우에 펀치속도 50mm/sec 를 주었을 때의 내부구조체의 성형 완료 후의 변형된 형상들을 시뮬레이션으로 나타내었다. 동일 반경을 갖는 경우의 성형해석 결과에서

는 균열이 발생하였지만 반경비 0.45 인 경우에 성형해석 결과에서는 균열의 위험이나 균열 발생은 없을 것으로 보인다.

### 2.3.2 단면두께 변화 해석

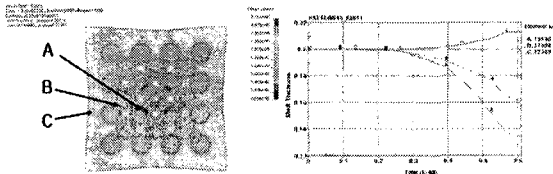


Fig. 6 Thickness variation of same pattern shape

Fig. 6 은 내부구조재의 성형 완료후의 블랭크의 두께 변화에 대한 결과를 나타내었다. 두께 변화에 대한 값을 확인 해 본 결과 외곽 부분에서 최대값 0.216665mm 로 약 8.3%에 두께 증가를 나타내었고, 형상 주변에서 최소값 0.128847mm 로 약 35.6%에 두께 감소를 나타내었다. 내부구조재의 성형 완료후의 블랭크의 두께 변화에 대한 결과에서 형상과 패턴 형상 사이, 그리고 외곽 부분을 선택하여 그래프에 성형 과정에서의 두께 변화 추이를 나타내었다. 형상 A 부분에서는 초기 성형시 선행적인 두께 감소를 보였고, 패턴 형상 사이 B 부분에서는 패턴 형상간의 소성유동에 따라 약간의 두께 변화를 보여주었다. 외곽 부분 C 에서는 성형시 서서히 두께 증가가 일어나서 초기 블랭크의 두께보다 약간의 증가를 보였다.

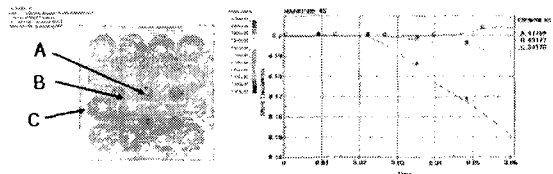


Fig. 7 Thickness variation of different pattern shape

Fig. 7 은 내부구조재의 성형 완료후의 블랭크의 두께 변화에 대한 결과를 나타내었다. 두께 변화에 대한 값을 확인 해 본 결과 외곽 부분에서 최대값 0.21686mm 로 약 8.4%에 두께 증가를 나타내었고, 형상 주변에서 최소값 0.142881mm 로 약 28.6%에 두께 감소를 나타내어 동일 반경인 경우의 성형해석 결과 보다 약 7% 정도의 두께 감소율이 덜 발생함을 보였다. 내부구조재의 성형 완

료후의 블랭크의 두께 변화에 대한 결과에서 동일 반경인 경우와 동일한 부분을 선택하여 그래프에 성형 과정에서의 두께 변화 추이를 나타내었다. 세 부분 모두 동일 반경인 경우에 성형해석 결과와 유사한 두께 변화 추이를 보임을 확인하였고, 반경비가 0.45 인 경우에는 단면 두께 블랭크의 두께 감소가 덜 발생하여 균열 발생을 방지하고 내부구조재로 활용하는데 고강도를 얻을 수 있을 것으로 보인다.

## 3. 프레스 금형 제작 및 성형실험

### 3.1 프레스 금형 제작

박판 내부구조물을 얻기 위해 딤플 형상을 갖는 프레스 금형을 설계, 제작하였다. 동일 반경인 경우에 금형은 상부와 하부가 동일한 크기를 갖고 엠보싱 형상은  $\Phi 2\text{mm}$  이고 딤플 형상은  $\Phi 2.4\text{mm}$  이다. 그리고 반경비가 0.45 인 경우에 상부금형의 엠보싱 형상은  $\Phi 2\text{mm}$  이고 딤플 형상은  $\Phi 5.2\text{mm}$  이고, 하부 금형의 엠보싱 형상은  $\Phi 4.8\text{mm}$  이고 딤플 형상은  $\Phi 2.4\text{mm}$  이다. 각각의 딤플 형상의 높이는 1.2mm 이고 엠보싱 형상의 높이는 1mm 로 설계하였다.

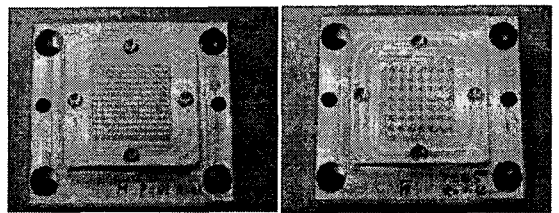


Fig. 8 Dimple press mold

금형의 소재로는 금형강(SKD11)을 사용하지 않고 프리하든강을 사용하였다. 금형강을 사용하는 것보다 열처리 및 그 외의 공정을 줄여 납기의 단축 및 비용의 감소를 얻을 수 있었다. Fig. 8 은 제작된 딤플 프레스 금형의 모습을 나타내었다.

### 3.2 박판성형 실험 및 분석

Fig. 9 는 본 실험에 사용된 UTM(Universal Test Machine)으로 프레스 용량은 100kgf 이다. 실험에 사용된 소재는 STS304 0.2t 를 사용하였다. 펀치의 속도는 10mm/min 으로 하여 실험을 수행하였다.

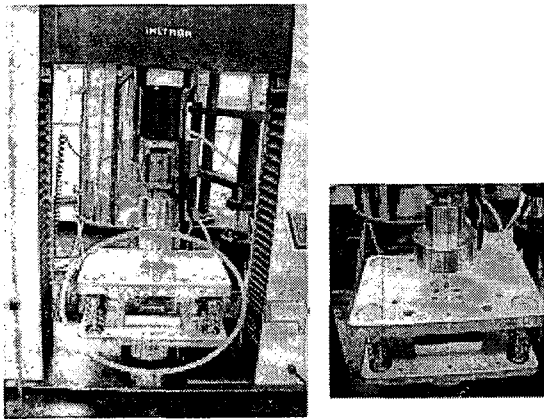


Fig. 9 Universal Test Machine

Fig. 10 은 성형 완료후의 내부구조재의 형상을 나타내었다. 성형해석 결과에서는 동일 반경인 경우에 성형실험 결과에서 균열이 발생하였지만 실제 성형 실험에서는 두 경우 모두 양호한 성형 결과를 보였다.

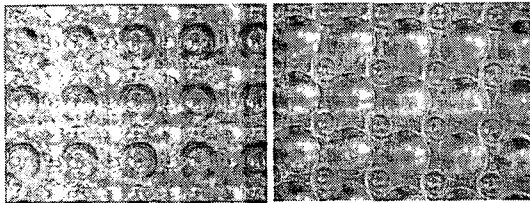


Fig. 10 Dimple shape of inner structure

#### 4. 결론

본 연구에서는 박판 내부구조재 제작을 위한 금형을 제작하기 위한 제반적 조건을 얻기 위해 형상의 변화를 통한 해석모형을 설계하여 성형 해석을 수행하였고 이를 바탕으로 실제 금형을 제작 및 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 동일 반경을 갖는 경우와 반경비 0.45 인 경우에 대한 plastic hinge line 발생을 비교한 결과 반경비 0.45 인 경우 굽힘하중에 대한 강도 및 강성의 개선이 예상된다.

- 2) 단면 두께 변화에 대한 성형해석 결과를 보면 블랭크의 외곽 부분에서는 주름 발생으로 인해 약간의 블랭크의 두께 증가를 나타내었다.
- 3) 성형 해석 결과 동일 반경을 갖는 경우에 균열의 위험 및 균열이 발생할 것으로 예측되었으나 실제 성형 실험시 동일 반경비를 갖는 경우와 반경비 0.45 인 경우 양호한 성형 실험결과를 얻었다.

본 연구에서는 내부구조재로서 강도 및 강성이 우수하면서 성형성에 유리한 구조에 대한 연구를 통해 판재 형태에 딤플 구조에 관한 연구를 수행하였다. 패턴 형상에 변화에 따른 성형해석을 통해 성형 가능성을 예측하고 딤플 프레스 금형을 제작하여 성형 실험을 통해 딤플 내부구조재를 얻었다.

#### 후기

본 논문은 산업자원부 핵심연구개발사업인 마이크로 첨단복제 생산시스템 개발사업 수행 결과의 일부임을 밝혀드립니다.

#### 참고문헌

1. 정창균, 윤석준, 성대용, 양동열, 안동규 “피라미드 구조를 가지는 초경량 금속 내부구조 접합판재의 제작 및 특성평가”, 한국정밀공학회 추계학술대회논문집(2004)
2. R.R. Arnold, P.W. Whitton, Stress and deformation studies for sandwich rolling hard metals, Proc. Inst. Mech. Eng. 173 (1959) pp. 241 ~ 256
3. A.A. Afonja, D.H. Sansome, A theoretical analysis of the sandwich rolling process, Int. J. Mech. Sci. 15 (1973) pp. 1 ~ 14
4. 김형중, 정동원, 최두선, 제태진, 박재현 “엠보싱 구조재의 성형성 향상에 관한 연구”, 한국정밀공학회 추계학술대회논문집(2005)